

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-018740

(43)Date of publication of application : 26.01.1993

(51)Int.Cl.

G01B 21/30

(21)Application number : 03-170012

(22)Date of filing : 10.07.1991

(71)Applicant : HITACHI LTD

(72)Inventor : TANAKA SHINJI

SATO KAZUO

TASE TAKASHI

HOSAKA SUMIO

HONDA YUKIO

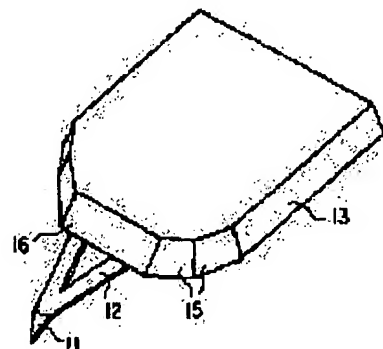
ONISHI TAKESHI

(54) PROBE FOR SURFACE OBSERVATION DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF, AND SURFACE OBSERVATION DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a device of high resolution and high sensitivity at low manufacturing cost by forming a probe integrally with a plate, and forming a holding plate integrally with the plate, on the opposite side face to the probe protruding side of the plate.

CONSTITUTION: A probe 11 and a plate 12 are integrally formed of a thin film of silicon oxide or silicon nitride, formed at a silicon substrate, as raw material, and the silicon substrate is machined to form a holding plate 13. The probe can be manufactured easily by forming the holding plate 13 integrally with the plate 12, on the opposite side face to the probe protruding side of the plate 12. The lateral side wall face angular parts 15, on the protruding side of the plate 12, of the holding plate 13 are omitted to prevent the angular parts 15 of the holding plate 13 from coming in contact with a sample and thereby to enable positive measurement. The inclination of the side wall face 16, on the protruding side of the plate 12, of the holding plate 13 is further set to be 0-90° to the face of the plate 12 so as to make it easy for a displacement measuring hand to approach the plate 12 and thereby to enable easy measurement.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.06.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2984094

[Date of registration]

24.09.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2984094号

(45) 発行日 平成11年(1999)11月29日

(24) 登録日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int.Cl.⁵

識別記号

F I

G 0 1 B 21/30

G 0 1 B 21/30

Z

請求項の数17(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平3-170012

(22) 出願日 平成3年(1991)7月10日

(65) 公開番号 特開平5-18740

(43) 公開日 平成5年(1993)1月26日

審査請求日 平成10年(1998)6月30日

(73) 特許権者 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田中 伸司

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所 中央研究所内

(72) 発明者 佐藤 一雄

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所 中央研究所内

(72) 発明者 田勢 隆

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所 中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 中村 純之助

審査官 柴田 和雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面観察装置用プローブおよびその製造方法ならびに表面観察装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 探針と、試料と上記探針との間に作用した力を変位に変換するプレートとを有する表面観察装置用プローブにおいて、上記探針を上記プレートと一体で形成し、上記プレートの上記探針が突き出している側と反対側の面に保持板を上記プレートと一体に構成し、上記保持板の上記プレート突出部の側壁面の左右の角部を欠落したことを特徴とする表面観察装置用プローブ。

【請求項2】 上記保持板の上記プレート突出部の側壁面の傾斜角度を上記プレートの面に対して0～90度としたことを特徴とする請求項1に記載の表面観察装置用プローブ。

【請求項3】 上記保持板の上記プレート突出部の側壁面の幅を上記プレートの幅よりも大きくしたことを特徴とする請求項1に記載の表面観察装置用プローブ。

【請求項4】 上記プレートの一部にトンネル電流検出用の針を設けたことを特徴とする請求項1に記載の表面観察装置用プローブ。

【請求項5】 上記トンネル電流検出用の針を上記探針と一体で形成したことを特徴とする請求項4に記載の表面観察装置用プローブ。

【請求項6】 探針と、試料と上記探針との間に作用した力を変位に変換するプレートとを有する表面観察装置用プローブを製造する方法において、シリコン基板に形成した酸化シリコンまたは窒化シリコンの薄膜を素材として上記探針および上記プレートを形成し、上記シリコン基板を加工することにより 上記プレート突出部の側壁面の左右の角部を欠落した 保持板を形成することを特徴とする表面観察装置用プローブの製造方法。

【請求項7】 上記シリコン基板を異方性エッチングで加

工した突起部の斜面上に上記探針を形成し、上記突起部の斜面の下部の平坦面上に上記プレート形成し、上記シリコン基板の一部で上記保持板を形成したことを特徴とする請求項 6 に記載の表面観察装置用プローブの製造方法。

【請求項 8】上記シリコン基板の面を (100) 面に対して 0～20 度の範囲で傾斜することを特徴とする請求項 7 に記載の表面観察装置用プローブの製造方法。

【請求項 9】上記探針の面に磁性体を付着することを特徴とする請求項 6 に記載の表面観察装置用プローブの製造方法。

【請求項 10】上記探針の先端を集束イオンビームで鋭利に加工することを特徴とする請求項 6 に記載の表面観察装置用プローブの製造方法。

【請求項 11】上記プレート的一端に探針材料を移植して上記探針を形成し、集束イオンビームで上記探針の頂角を 55 度以下に鋭く尖らせることを特徴とする請求項 6 に記載の表面観察装置用探針の製造方法。

【請求項 12】上記探針および上記プレートの面に磁性体を付着したのちに、上記探針を構成する部分以外の面上に上記磁性体を集束イオンビームで除去することを特徴とする請求項 6 に記載の表面観察装置用探針の製造方法。

【請求項 13】探針と、試料と上記探針との間に作用した力を変位に変換するプレートとを有する表面観察装置用プローブおよび上記表面観察装置用プローブの変位を検出する変位検出手段を有する表面観察装置において、上記探針を上記プレートと一体で形成し、上記プレートの上記探針が形成されている側と反対側の面に保持板を上記プレートと一体に構成し、上記保持板の上記プレート突出部の側壁面の左右の角部を欠落したことを特徴とする表面観察装置。

【請求項 14】上記探針の長さを 3 μ m 以上としたことを特徴とする請求項 13 に記載の表面観察装置。

【請求項 15】上記探針の材質と上記プレートの材質とが異なることを特徴とする請求項 13 に記載の表面観察装置。

【請求項 16】上記探針の頂角を 55 度以下とし、上記探針の最先端部の曲率半径を 50 nm 以下としたことを特徴とする請求項 13 に記載の表面観察装置。

【請求項 17】上記探針の先端部に磁性体を付着したことを特徴とする請求項 13 に記載の表面観察装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は導体、絶縁体、磁性体試料と探針とを接近したときに発生する原子間力、磁気力、トンネル電流を利用する装置たとえば原子間力顕微鏡、磁気力顕微鏡、トンネル顕微鏡、その類似装置に用いる表面観察装置用プローブおよびその製造方法ならびに表面観察装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】走査型トンネル顕微鏡は、探針と試料との間に電圧を印加し、探針と試料との距離を接近したときに得られるトンネル電流および電界放射電流を利用して、導体試料の表面形態を調べる装置である。一方、原子間力顕微鏡は、導体、絶縁体試料に探針を接近したときに発生する原子間力を利用して表面状態を調べる装置である。また、磁気力顕微鏡は、探針として磁性体を用い、この磁性探針と磁性試料の間に発生する磁気力を利用して試料の磁化状態を調べる装置である。

【0003】すなわち、原子間力顕微鏡や磁気力顕微鏡は、探針（チップ）と試料表面の相互作用によって生ずる引力あるいは斥力を探針を設置したプレート（カンチレバー）の変位に変換して試料の表面情報を検出する装置である。

【0004】図 20 は従来の表面観察装置用プローブを示す斜視図である。この表面観察装置用プローブにおいては、保持板 3 にプレート 2 が接着されており、プレート 2 に探針 1 が設けられている。

【0005】このような表面観察装置用プローブを製造するにはつぎのようにする。すなわち、まず図 21(a) に示すように、シリコン基板 4 に半導体リソグラフィ技術、異方性エッチングにより凹部 5 を設ける。つぎに、図 21(b) に示すように、シリコン基板 4 の表面を熱酸化することにより、酸化シリコン膜からなるプレート 2 を形成する。つぎに、図 21(c) に示すように、プレート 2 に保持板 3 を接着する。つぎに、図 21(d) に示すように、シリコン基板 4 をエッチングにより除去する。

【0006】なお、磁性探針と試料とを接近して得られる磁気力を利用した走査型磁気力顕微鏡における試料の磁気的情報の取得方法については、ジャーナル オブ バキューム サイエンス テクノロジー (J. Vac. Sci. Technol.) A 6 (1988 年) 279～282 頁あるいはアプライドフィジックス レターズ、50 巻 (1987 年) 1455～1457 頁において論じられており、また原子間力顕微鏡用のプローブ製造方法については、特開平 1-262403 号公報、ジャーナル オブ バキューム サイエンス テクノロジー A 6、巻 2 号 (1988) 271 頁およびジャーナル オブ バキューム サイエンス テクノロジー A、8 巻、4 号 (1990) 3386 頁において論じられている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このような表面観察装置用プローブにおいては、シリコン基板 4 に別の基板を接着して保持板 3 を形成し、シリコン基板 4 をエッチングにより除去しなければならないから、容易に製造することができず、製造コストが高価になる。また、原子間力顕微鏡や磁気力顕微鏡で LSI や磁気ディスク基板の微細な深溝構造や磁区を観察するためには、顕微鏡に搭載する探針 1 の先端を長くしかも鋭利にして、試料表面

をブローピングし易い構造にする必要がある。しかし、従来の表面観察装置用プローブにおいては、シリコン基板4の異方性エッチングにより探針1を有するプレート2を形成しているため、たとえば(100)面を異方性エッチングして形成した探針1の頂角 θ は約70..6度と大きく、しかも探針1の先端部の曲率半径も大きいために、高分解能の表面情報を再現性良く得ることが困難である。また、探針1に磁性体を付着して磁性プローブを構成したとき、先端部以外に付着した磁性体により試料表面の漏洩磁界分布が乱され、その結果磁気力情報の分解能が低下する。また、プローブを支持・固定する保持板3の形状が適切でなく、試料が僅かに傾くと、保持板3の角部が試料に接触して、測定できない。

【0008】この発明は上述の課題を解決するためになされたもので、製造コストが安価となり、高分解能、高感度の原子間力や磁気力等の表面観察に好適な表面観察装置用プローブおよびその製造方法ならびに表面観察装置を提供するを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、この発明においては、探針と、試料と上記探針との間に作用した力を変位に変換するプレートとを有する表面観察装置用プローブにおいて、上記探針を上記プレートと一体で形成し、上記プレートの上記探針が突き出している側と反対側の面に保持板を上記プレートと一体に構成し、上記保持板の上記プレート突出部の側壁面の左右の角部を欠落する。

【0010】

【0011】また、上記保持板の上記プレート突出部の側壁面の傾斜角度を上記プレートの面に対して0~90度とする。

【0012】また、上記保持板の上記プレート突出部の側壁面の幅を上記プレートの幅よりも大きくする。

【0013】また、上記プレートの一部にトンネル電流検出用の針を設ける。

【0014】この場合、上記トンネル電流検出用の針を上記探針と一体で形成する。

【0015】また、探針と、試料と上記探針との間に作用した力を変位に変換するプレートとを有する表面観察装置用プローブを製造する方法において、シリコン基板に形成した酸化シリコンまたは窒化シリコンの薄膜を素材として上記探針および上記プレートを形成し、上記シリコン基板を加工することにより上記プレート突出部の側壁面の左右の角部を欠落した保持板を形成する。

【0016】この場合、上記シリコン基板を異方性エッチングで加工した突起部の斜面上に上記探針を形成し、上記突起部の斜面の下部の平坦面上に上記プレートを形成し、上記シリコン基板の一部で上記保持板を形成する。

【0017】この場合、上記シリコン基板の面を(100)面に対して0~20度の範囲で傾斜する。

【0018】また、上記探針の面に磁性体を付着する。

【0019】また、上記探針の先端を集束イオンビームで鋭利に加工する。

【0020】また、上記プレート的一端に探針材料を移植して上記探針を形成し、集束イオンビームで上記探針の頂角を55度以下に鋭く尖らせる。

【0021】また、上記探針および上記プレートの面に磁性体を付着したのちに、上記探針を構成する部分以外の面の上記磁性体を集束イオンビームで除去する。

【0022】また、探針と、試料と上記探針との間に作用した力を変位に変換するプレートとを有する表面観察装置用プローブおよび上記表面観察装置用プローブの変位を検出する変位検出手段を有する表面観察装置において、上記探針を上記プレートと一体で形成し、上記プレートの上記探針が形成されている側と反対側の面に保持板を上記プレートと一体に構成し、上記保持板の上記プレート突出部の側壁面の左右の角部を欠落する。

【0023】この場合、上記探針の長さを3 μ m以上とする。

【0024】また、上記探針の材質と上記プレートの材質とを相違させる。

【0025】また、上記探針の頂角を55度以下とし、上記探針の最先端部の曲率半径を50nm以下とする。

【0026】また、上記探針の先端部に磁性体を付着する。

【0027】

【作用】この発明の表面観察装置用プローブ、その製造方法、表面観察装置においては、容易に製造することがきでる。

【0028】また、保持板のプレート突出部の側壁面の傾斜角度をプレートの面に対して0~90度とすれば、プレートに変位測定手段を接近させやすい。

【0029】また、保持板のプレート突出部の側壁面の左右の角部を欠落すれば、保持板の角部が試料に接触することがない。

【0030】また、保持板のプレート突出部の側壁面の幅をプレートの幅よりも大きくすれば、プレートの保持板から突出した部分だけがたわむ。

【0031】また、プレートの一部にトンネル電流検出用の針を設ければ、端面が平坦な金属棒を用いてトンネル電流を検出することができる。

【0032】また、トンネル電流検出用の針を探針と一体で形成すれば、トンネル電流検出用の針を容易に製造することができる。

【0033】また、シリコン基板を異方性エッチングで加工した突起部の斜面上に探針を形成し、突起部の斜面の下部の平坦面にプレートを形成し、シリコン基板の一部で保持板を形成すれば、容易に製造することがきでる。

【0034】また、シリコン基板の面を(100)面に対して0~20度の範囲で傾斜すれば、プレートの面と

探針の面とのなす角を $54.7^\circ \pm 2.0^\circ$ の範囲で任意に定めることができる。

【0035】また、探針の面に磁性体を付着すれば、磁気顕微鏡のプロープとして使用することができる。

【0036】また、探針の先端を集束イオンビームで鋭利に加工すれば、解像度を向上することができる。

【0037】また、プレート的一端に探針材料を移植して探針を形成し、集束イオンビームで探針の頂角を 55° 以下に鋭く尖らせれば、解像度を向上することができる。

【0038】また、探針およびプレートの面に磁性体を付着したのちに、探針を構成する部分以外の面の磁性体を集束イオンビームで除去すれば、漏洩磁界分布が乱されることがない。

【0039】また、探針の長さを $3\mu\text{m}$ 以上とすれば、アスペクト比の大きい起伏を有する試料の表面情報を得ることができる。

【0040】また、探針の頂角を 55° 以下とし、探針の最先端部の曲率半径を 50nm 以下とすれば、正確な試料の表面情報を得ることができる。

【0041】また、探針の先端部に磁性体を付着すれば、磁気顕微鏡として使用することができる。

【0042】

【実施例】図1はこの発明に係る表面観察装置用プロープを示す概観斜視図、図2は同じく断面図である。この表面観察装置用プロープは、針状の探針11と三角形のプレート12と保持板13とで構成され、探針11はプレート12と異なった角度で形成されている。また、プレート12を固定・保持する保持板13が探針11が突き出している側と反対側に形成されている。保持板13のプレート12突出部の側壁面16はプレート12の面に対して 90° 以下の角度を有しており、側壁面16の左右の角部には斜面15が設けられている。プレート12の一端を支えるために、側壁面16はプレート12の幅よりも大きな辺を有し、プレート12だけが撓むことのできる構造となっている。

【0043】ここで、プレート12の幅に対する保持板13の幅は50倍以下に設定するのが望ましい。この場合、保持板13の幅を小さくすること以外に左右の角部を欠落させた構造にすれば、保持板13が左右に傾くことによる試料への接触現象を防止することができる。また、探針11の頂角は高分解能の表面情報を得るために 55° 以下、望ましくは 30° 以下にするのがよい。さらに、探針11の先端部の曲率半径を 50nm 以下にするのが望ましい。また、アスペクト比の大きい起伏を有する試料の表面情報を得ることを可能とするために、探針11の長さを $3\mu\text{m}$ 以上とするのが望ましい。また、高感度の力検出のために、プレート12のバネ定数は 3N/m 以下にするのが望ましい。

【0044】図3はこの発明に係る表面観察装置用プロ

ープを示す概観斜視図である。この表面観察装置用プロープにおいては、プロープの取扱易さを考慮して、保持板13全体を大きくして、プレート12を支える突出部80を設けている。保持板13は突出部80の左右の部分が大きく取り除かれている。

【0045】なお、上述の表面観察装置用プロープでは、探針11の頂角とプレート12部の開き角度とを等しくしているが、図4、図5に示すように、探針11の頂角 θ_1 をプレート12の開き角度 θ_2 より小さく設定すれば、プロープの横ぶれに対する安定性を図ることができる。

【0046】つぎに、図1に示した表面観察装置用プロープの使用例を図6を用いて説明する。図6はこの発明によるプロープを原子間力顕微鏡に適用した例を示す。探針11と試料50との間に生じる原子間力が一定に保たれるようにサーボするためのトンネル電流検出用のSTMの針40はプレート12の上部にセッティングされており、プロープが試料の表面をトレースすることによって表面の形状を測定することができる。この発明におけるプロープの探針11は通常用いられる原子間力顕微鏡用のプロープの針先に比べて長く、しかも試料50の表面に対してほぼ垂直に置かれるので、LSIの深溝形状、光ディスクの孔形状、磁気ディスクの表面形状を精密に測定するのに好適な形状となっている。

【0047】図7は図1に示した表面観察装置用プロープの変位計測を光で行なうときの測定系の構成を示す。すなわち、光源60から発するレーザー光70がビームスプリッタ61を通過して一部はプロープのプレート12に達し、残りは検出器62に達する。レーザー光70はあるスポット径を持っているので、プレート12に向かうレーザー光70の一部がプレート12から外れる場合もありうるが、外れた光は図の破線で示す光路71を通り、プレート12で反射した光だけが元の光路を経てビームスプリッタ61を通過して検出器62に達する。そして、光源60からビームスプリッタ61を経て直接検出器62に達した光とプレート12で反射した光に位相差の相違を生じる。この結果、光の干渉を生じるので検出器62によって光の強弱を検出して変位の測定が可能になる。

【0048】この発明におけるプロープを用いれば、試料50からの反射光は検出されないので、正規の信号に対する雑音の比(S/N比)は大きくなるから、測定感度を向上することができる。また、保持板13の角部を欠落したときには、プロープが試料50に対して相対的にわずかに回転した状態で設置されても、保持板13が試料50に接触しにくい。また、プロープのプレート12に対する保持板13のプレート突出部の側壁面16の傾斜を 90° 以下にすれば、STMの針40等の変位測定手段を接近させやすい。このように、この発明のプロープは操作性に優れ、表面観察装置用プロープとしても極

めて好適な形状である。

【0049】その他のプローブとして、図8(a)~(c)に示すように、探針11の形状を同一にして、プレート12の形状を様々に変化させる構造が考えられる。

【0050】また、極微細な溝を観察するには、探針11の先端部のアスペクト比を大きくし、さらに鋭利にする必要があるが、この手段として集束イオンビームを用いた加工がある。イオンビームの直径は適当な集束用のレンズを用いれば、 $0.1\mu\text{m}$ 以下に集束させることが可能である。図9はこのような目的で加工した探針11の先端を示す。

【0051】一方、磁気ディスク表面の磁区を測定するために、図10に示すように、プローブの先端に磁性材18を添付して、磁気顕微鏡用のプローブとして用いることもできる。また、磁性材18を添付したプローブの先端を集束イオンビームで加工し、さらに鋭利な針先を形成して解像度を向上させることも可能である。

【0052】図11はこの発明における別形状のプローブを示す。すなわち、プローブ自身がプレート12の上にトンネル電流を検出するための針27を有している。この場合、針27の材料が誘電体であれば、表面に予めCr、Au等の金属を蒸着させることによって、トンネル電流の検出が可能である。すなわち、図1に示したプローブでは、プレート12の変位をトンネル電流で検出するために、図6に示すように、プレート12にSTMの針40を接近させるが、図11に示すプローブでは、STMの針40の代わりに端面が平坦な金属棒を用い、検出されたトンネル電流が一定となるように金属棒をピエゾ素子等で位置制御することで、試料の表面形状を計測することができる。

【0053】なお、プローブの材質としてはSi、酸化シリコン、窒化シリコン、ダイヤモンド、W、Ni、ステンレス鋼等を用いることができる。

【0054】つぎに、これまで述べた各プローブの製造方法を詳細に説明する。

【0055】初めに、図13により図1に示したプローブの製造方法を説明する。まず、図13(a)に示すように、(100)を面方位とするシリコン基板19に熱拡散によって酸化シリコン膜21を形成する。つぎに、図13(b)に示すように、レジストを塗布して、酸化シリコン膜21の開口パターンを形成する。つぎに、図13(c)に示すように、水酸化カリウム等のアルカリ系の水溶液で異方性エッチングを行なうことにより、突起部の斜面30を形成する。この時に生じる斜面30はエッチレートの違い(111)面で、シリコン基板19の(100)面に対して約 54.7° 傾いている。つぎに、図13(d)に示すように、酸化シリコン膜21を除去し、シリコン基板19の全面に酸化シリコン膜14を形成する。つぎに、図13(e)に示すように、斜面30が形成された側にレジスト31を塗布する。つぎに、図13

(f)に示すように、露光・現像を行なって、レジストパターン32を形成する。このレジストパターン32をマスクとしてフッ化水素酸とフッ化アンモニウムとの混合液等で酸化シリコン膜14をエッチングすると、図13(g)に示すように、斜面30に形成される探針11と、斜面30下部のエッチングで低くなった(100)面に形成されるプレート12とからなるプローブパターン130がシリコン基板19に形成される。この後、図13(h)に示すように、シリコン基板19の裏面にエッチングするための開口部33を形成する。最後に、図13(i)に示すように、KOH等のアルカリ水溶液で再びシリコン基板19を異方性エッチングする。

【0056】この製造方法においては、検針11を(111)面に形成して、しかもプレート12を斜面30よりも低くなった(100)面に形成するから、探針11の先端側にシリコンが存在しない。この結果、もう一つの基板にプローブを接合した後にシリコン基板19をエッチングですべて除去するような煩雑な工程を省略することができ、安価なプローブを提供することができる。

【0057】なお、この製造方法において、シリコン基板19の面が(100)面に一致していると、プレート12の面と探針11の面とのなす角度は 54.7° となる。一方、シリコン基板の面が(100)面に対して $0\sim 20^\circ$ の範囲で傾斜させれば、プレート12の面と探針11の面とのなす角を $54.7^\circ \pm 20^\circ$ の範囲で任意に制御できる。また、マスクパターンの適切な選択によって、保持板13の角部の欠落の量を制御することができる。このとき、斜面15とは法線方向が異なった面が現れる可能性もある。また、この実施例では一般の半導体プロセスで良く用いられる面方位が(100)のシリコンウエハについての製造方法について述べたが、インゴットからのシリコンウエハの切り出し方向を適当に選択すれば、斜面30のシリコン基板19の面に対する傾斜角度を $0\sim 90^\circ$ の間で任意に変化させることができる。また、保持板13の角部の加工はマイクログラインダを用いた機械加工によっても可能である。

【0058】つぎに、図14により図10に示すプローブの製造方法を説明する。まず、図14(a)に示すように、図13(a)~(h)と同様のプロセスで酸化シリコン膜のプローブパターン130を形成する。つぎに、図14(b)に示すように、レジスト37を塗布した後、図14(c)に示すように、露光・現像によってレジストの開口パターン34を探針11の先端に形成する。つぎに、図14(d)に示すように、磁性材膜35を蒸着によって形成した後、図14(e)に示すように、レジスト37を除去すると、探針11にのみ磁性材18が付着する。つぎに、図14(f)に示すように、KOH等のアルカリ水溶液でシリコン基板19を異方性エッチングすれば、磁気顕微鏡用のプローブを形成できる。

【0059】なお、磁性材18の形成方法として、レジ

ストを用いたりリフトオフ法を用いたが、小さな開口を有するマスクを用いて探針11の先端にだけ磁性材を蒸着することも可能である。

【0060】つぎに、図15により図11、図12に示したプローブの製造方法を説明する。まず、図15(a)に示すように、図13(a)~(d)と同様にして、シリコン基板19に斜面30を形成した後、酸化シリコン膜22を熱拡散によって形成する。つぎに、図15(b)に示すように、斜面30を有する面へのレジスト塗布、露光および現像の工程により、レジストに正方形の開口パターンを形成し、このレジストをマスクとしてフッ化水素酸とフッ化アンモニウムとの混合液を用いて酸化シリコン膜22のエッチングを行ない、レジストを除去して、酸化シリコン膜22に正方形の開口パターン38を形成する。つぎに、図15(c)に示すように、酸化シリコン膜22をマスクとしてシリコンの異方性エッチングを行なうことにより、四角錐状の凹部39を形成する。つぎに、図15(d)に示すように、酸化シリコン膜22を全て除去し、再び酸化シリコン膜14をシリコン基板19の全面に形成する。つぎに、図15(e)に示すように、レジスト36を塗布する。つぎに、図15(f)に示すように、レジスト36を露光・現像して、プローブ形状のレジストパターンを形成し、これをマスクとしてフッ化水素酸とフッ化アンモニウムとの混合液を用いて下層の酸化シリコン膜14をエッチングし、レジスト36を除去する。この結果、酸化シリコン膜14のプローブパターン131が得られる。つぎに、図15(g)、(h)に示すように、図13(h)、(i)と同様にして、斜面30を形成した面の裏側に適当なバタニングを行なってシリコン基板19をエッチングすることによって、プレート12にトンネル電流を検出する四角錐状の針27が形成されたプローブが得られる。

【0061】つぎに、上述した各プローブのプレート12を支えるための保持板13の製法について説明する。保持板13の両サイドは試料に接触しないように角部が削られた構造となっているが、このような構造とするためには、図16に示すように、あらかじめ角を落したマスクパターンを用いることで形成可能である。すなわち、斜面30を形成したシリコン基板19の面に両サイドの角を落したパターン41を形成し、裏側にはそれよりもやや大きめに角を取ったパターン42を形成する。その後、水酸化カリウムの水溶液でエッチングすると、図1に示すプローブまたはそれに類似のプローブを得ることができる。

【0062】なお、上述のプローブの製造方法においては、熱拡散による酸化シリコン(SiO_2)を用いたが、これはCVDによる窒化シリコン(Si_3N_4)、他のセラミック材料で代用することも可能である。また、上述のプローブの製造方法においては、フッ化水素酸(HF)とフッ化アンモニウム(NH_4F)との混合液

によるウェットエッチングを用いて酸化シリコン膜をバタニングしたが、HFや CHF_3 等のガスを用いたドライエッチングでも同様にバタニングが可能である。

【0063】図17はこの発明に係る他の表面観察装置用プローブを示す斜視図である。この表面観察装置用プローブを製造するには、まず半導体リソグラフィ技術などにより一端が保持板144に固定された片持ちのプレート142を作製する。ここで、プレート142の材料としては、剛性が高く比重の小さいものたとえば SiO_2 が望ましい。つぎに、プレート142の自由端側に探針146を付着する。この工程は、集束イオンビームを用いた移植技術により行なう。すなわち、探針部材たとえば圧電素子を用いた移動機構で保持し、直径0.1 μm 以下に小さく収束したイオンビームによりプレート142の先端部の二次電子像を観察しながら、探針部材をプレート142の所望の位置に搬送する。つぎに、ガリウム集束イオンビームにより探針部材の一部をスパッタリングすることにより、プレート142に探針部材を接着する。さらに、集束イオンビームを探針146の先端部に照射し、鋭い形態に加工する。これにより探針146の頂角 θ を約20度、先端部の曲率半径を50 nm以下に加工する。なお、探針146の頂角 θ は、加工時の集束イオンビームの走査方向を任意に変えることにより、任意に変化できる。また、探針146を構成する探針部材の材質はプレート142と異種もしくは同種のいずれでも効果は同じである。この実施例では、W、Ni、TiC、Fe、LaB₆などを探針部材として用いたが、いずれも同様の高分解能表面情報の検出効果を持った原子間力顕微鏡用の探針を得ることができた。

【0064】また、探針146の先端部に磁性体を蒸着し、高分解能の磁気力顕微鏡用の磁性探針を得ることができた。磁性探針用の磁性体材料としてはCo、Feを主成分とし、これにNi、Cr、Pt、Zr、C、Nなどを添加した合金あるいは多層膜あるいは酸化物を使用する。磁性探針の磁化容易軸の向きを制御するために、蒸着時の蒸着方向を0~90度の範囲で変化した。磁性探針の飽和磁化は100 kA/m以上、保磁力は80 A/m以上が望ましく、これらの特性は磁性材料の組成や蒸着時の温度を適切に選ぶことにより、任意に制御できる。磁性探針の飽和磁化は、CoまたはFeあるいはNiの含有量を75 at%以上とすることにより100 kA/m以上の値を達成した。また、Co、Fe、Niに5~25 at%のCr、Pt、Zr、C、Nあるいは酸素を添加することにより80 A/m以上の保磁力を達成した。

【0065】この実施例では、 SiO_2 を用いた場合について説明したが、Si、 Si_3N_4 、W、Mo、ダイヤモンド状カーボンあるいはステンレス鋼を用いて同様の構成のプレートを作製しても、いずれも同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0066】図18はこの発明に係る他の表面観察装置用プローブの製造方法の説明図である。この表面観察装置用プローブの製造方法においては、まず図18(a)に示すように、半導体リソグラフィ技術により、プレート12と探針11とが一体に構成されたプローブを作製する。ここで、プレート12、探針11は SiO_2 で構成されており、これらはお互いに異なった角度で接続されている。また、プレート12、探針11の厚さは約 $1\mu\text{m}$ 、長さは約 $180\mu\text{m}$ で、バネ定数は約 1N/m であった。つぎに、図18(b)に示すように、探針11の片面に磁性材18をスパッタリング法により付着する。つぎに、集束イオンビームを用いて探針11をスパッタリング加工し、頂角 θ が約 18° 、先端部の曲率半径が約 40nm の先端が鋭く尖った探針11を作製した。同時に探針11以外のプレート12の面に付着した磁性体は集束イオンビームによりスパッタリング加工することにより除去した。これにより高感度、高分解能の磁気情報検出に適した磁性探針を得ることができた。この実施例において、磁性材18を付着する工程を省くことにより、同様に探針11の頂角が小さく、高分解能表面情報検出に適した原子間力顕微鏡用の探針を得ることができた。

【0067】なお、この実施例では、酸化シリコンでプレート12、探針11を構成した場合を説明したが、プレート、探針を窒化シリコン、W、Ni等で構成してもよいことはいうまでもない。

【0068】この発明により作製した探針を用いて原子間力や磁気力を検出する表面観察装置を第19図により説明する。まず、探針146の先端が試料152の面に対して垂直になるように設置する。この探針146およびプレート142の両面にはAu、Ptなどの電気導電性の被覆層153を形成する。つぎに、先端が鋭く尖ったW線、Pt線等からなるSTMの針155をプレート142の試料152と反対側の面に接近させて設置し、プレート142の面と針155との間のトンネル電流を検出することにより、試料152と探針146との間に作用する原子間力あるいは磁気力によるプレート142の変位を検出する。このようにして、磁性試料の表面における漏洩磁界によるプレート142の変位を検出し、この結果より磁性試料の磁区構造などの磁気力情報を得る。また、非磁性試料と探針146との間に作用する原子間力によるプレート142の変位を検出することにより、表面形態等の表面情報を得る。

【0069】なお、磁性探針の表面に被覆層を形成することにより、空気中や真空中あるいは各種ガス雰囲気でも長時間動作しても、再現性のよい測定ができる。また、被覆層としては、Ptの他にRu、Rh、Au、Pdおよびこれを含む合金を用いても効果は同じである。また、この実施例では、プレート142の変位の検出手段としてプレート142の面と針155との間のトンネル

電流を用いて説明したが、プレート142の後方にレーザービームなどを照射して行なう光干渉法や光てこ法などの光学的な変位を検出する手段あるいは静電容量検出器による手段を用いてもよいことはいうまでもない。

【0070】

【発明の効果】以上の説明したように、この発明の表面観察装置用プローブ、その製造方法、表面観察装置においては、容易に製造することがきでるから、製造コストが安価である。

【0071】また、保持板のプレート突出部の側壁面の傾斜角度をプレートの面に対して $0\sim 90^\circ$ とすれば、プレートに変位測定手段を接近させやすいから、測定を容易に行なうことができる。

【0072】また、保持板のプレート突出部の側壁面の左右の角部が欠落すれば、保持板の角部が試料に接触することがないから、確実に測定を行なうことができる。

【0073】また、保持板のプレート突出部の側壁面の幅をプレートの幅よりも大きくすれば、プレートの保持板から突出した部分だけがたわむから、正確に測定を行なうことができる。

【0074】また、プレートの一部にトンネル電流検出用の針を設ければ、端面が平坦な金属棒を用いてトンネル電流を検出することがきでるから、容易に検出することができる。

【0075】また、トンネル電流検出用の針を探針と一体で形成すれば、トンネル電流検出用の針を容易に製造することがきでるから、製造コストが安価である。

【0076】また、シリコンウエハを異方性エッチングで加工した突起部の斜面に探針を形成し、突起部の斜面の下部の平坦面にプレートを形成し、シリコンウエハの一部で保持板を形成すれば、容易に製造することがきでるから、製造コストが安価である。

【0077】また、シリコンウエハの面を(100)面に対して $0\sim 20^\circ$ の範囲で傾斜すれば、プレートの面と探針の面とのなす角を $54.7^\circ\pm 20^\circ$ の範囲で任意に定めることがきでるから、プレートの面と探針の面とのなす角を適正にすることができる。

【0078】また、探針の面に磁性体を付着すれば、磁気顕微鏡のプローブとして使用することがきでるから、磁気ディスクの表面の磁区を測定することがきでる。

【0079】また、探針の先端を集束イオンビームで鋭利に加工すれば、解像度を向上することがきでるから、正確に測定を行なうことができる。

【0080】また、プレート的一端に探針材料を移植して探針を形成し、集束イオンビームで探針の頂角を 55° 以下に鋭く尖らせれば、解像度を向上することがきでるから、正確に測定を行なうことができる。

【0081】また、探針およびプレートの面に磁性体を付着したのちに、探針を構成する部分以外の面の磁性体を集束イオンビームで除去すれば、漏洩磁界分布が乱さ

ることがないから、磁気力情報の分解能が低下することはない。

【0082】また、探針の長さを $3\mu\text{m}$ 以上とすれば、アスペクト比の大きい起伏を有する試料の表面情報を得ることができるから、正確に測定を行なうことができる。

【0083】また、探針の頂角を 55° 以下とし、探針の最先端部の曲率半径を 50nm 以下とすれば、正確な試料の表面情報を得ることができるから、正確に測定を行なうことができる。

【0084】また、探針の先端部に磁性体を付着すれば、磁気顕微鏡として使用することができるから、磁気ディスクの表面の磁区を測定することができる。

【0085】このように、この発明の効果は顕著である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る表面観察装置用プローブを示す斜視図である。

【図2】図1に示した表面観察装置用プローブを示す断面図である。

【図3】この発明に係る他の表面観察装置用プローブを示す斜視図である。

【図4】この発明に係る他の表面観察装置用プローブを示す平面図である。

【図5】図1に示した表面観察装置用プローブを示す断面図である。

【図6】図1に示した表面観察装置用プローブの使用方法的説明図である。

【図7】図1に示した表面観察装置用プローブの他の使用方法的説明図である。

【図8】この発明に係る他の表面観察装置用プローブを示す斜視図である。

【図9】この発明に係る他の表面観察装置用プローブを示す斜視図である。

【図10】この発明に係る他の表面観察装置用プローブ

を示す斜視図である。

【図11】この発明に係る他の表面観察装置用プローブを示す斜視図である。

【図12】図11に示した表面観察装置用プローブを示す断面図である。

【図13】図1に示した表面観察装置用プローブの製造方法的説明図である。

【図14】図10に示した表面観察装置用プローブの製造方法的説明図である。

【図15】図11、図12に示した表面観察装置用プローブの製造方法的説明図である。

【図16】この発明に係る表面観察装置用プローブの保持板の製法的説明図である。

【図17】この発明に係る他の表面観察装置用プローブを示す斜視図である。

【図18】この発明に係る他の表面観察装置用プローブの製造方法的説明図である。

【図19】この発明に係る表面観察装置を示す概略図である。

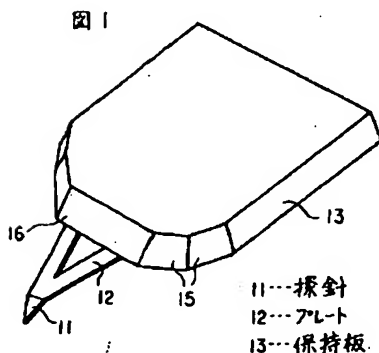
【図20】従来の表面観察装置用プローブを示す斜視図である。

【図21】図20に示した表面観察装置用プローブの製造方法的説明図である。

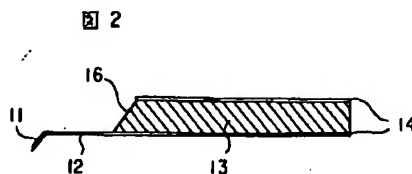
【符号の説明】

- 11…探針
- 12…プレート
- 13…保持板
- 15…傾斜面
- 16…傾斜面
- 18…磁性材料
- 27…針
- 142…プレート
- 144…保持板
- 146…探針

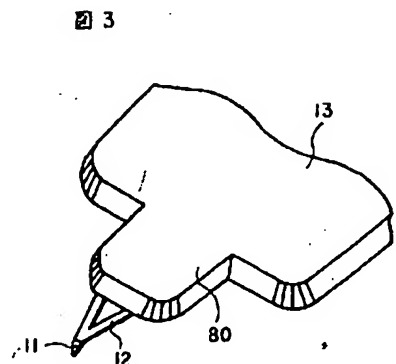
【図1】



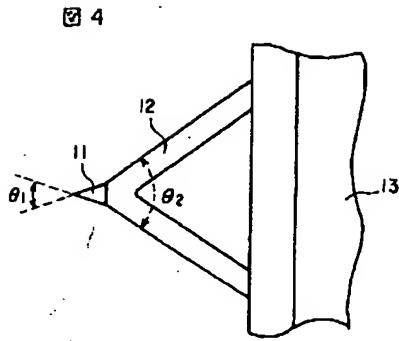
【図2】



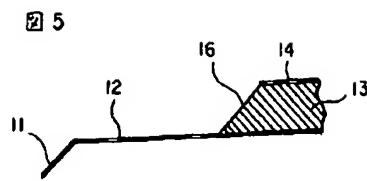
【図3】



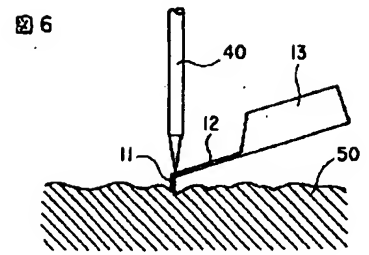
【図 4】



【図 5】

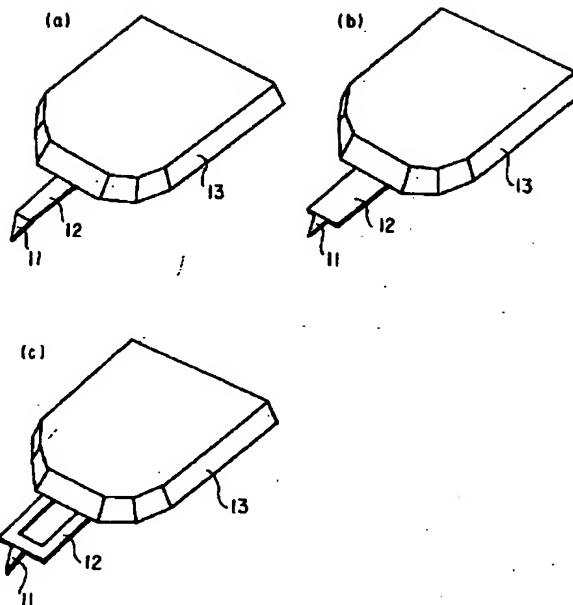


【図 6】

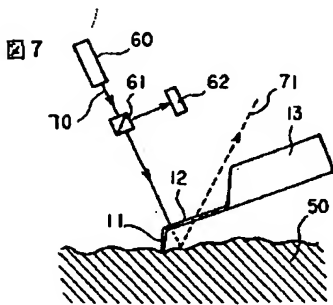


【図 8】

図 8

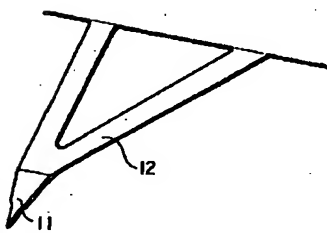


【図 7】

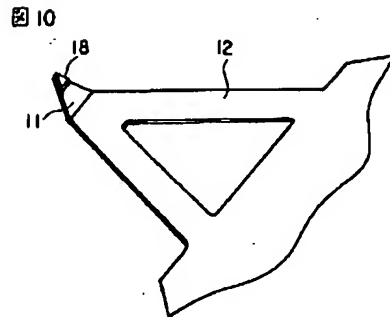


【図 9】

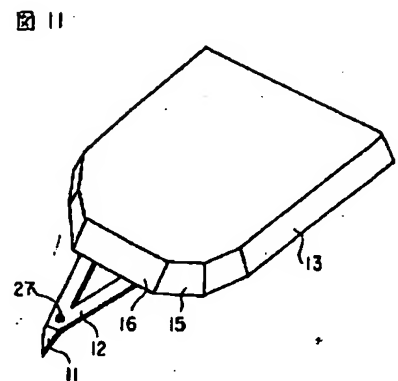
図 9



【図 10】

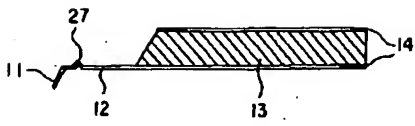


【図 11】



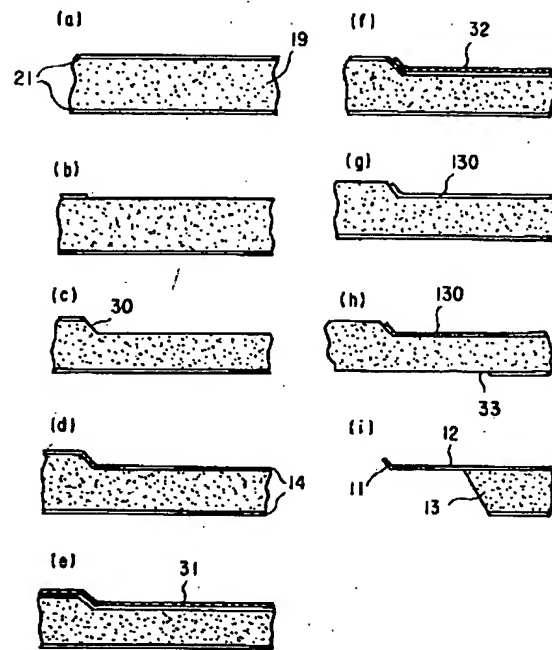
【図 1 2】

図 12



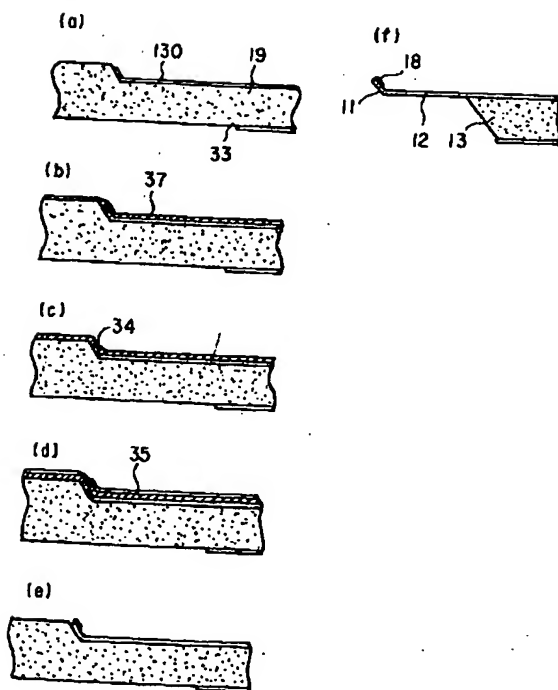
【図 1 3】

図 13



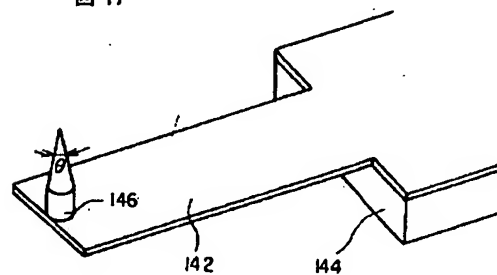
【図 1 4】

図 14



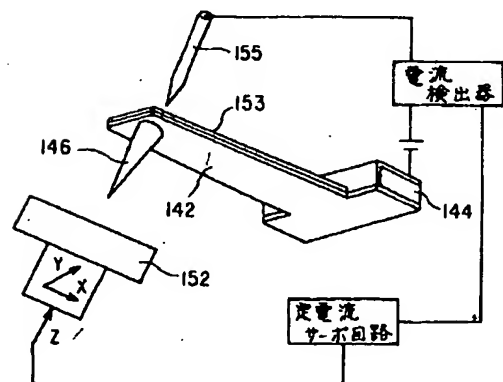
【図 1 7】

図 17

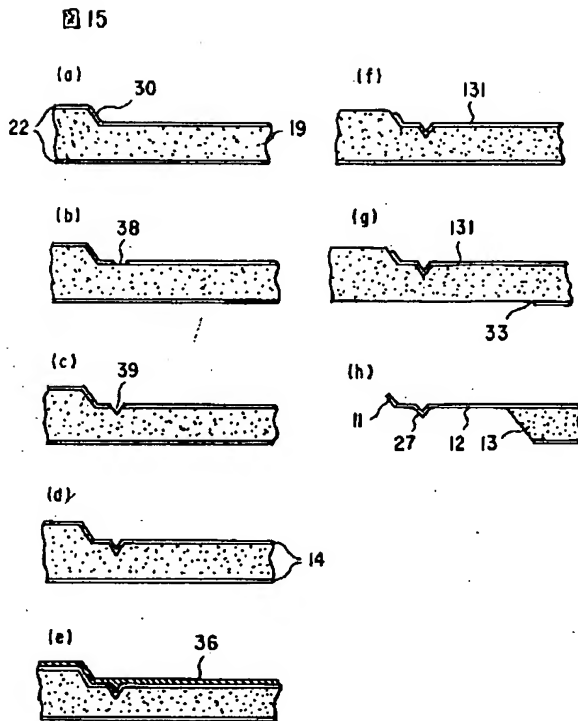


【図 1 9】

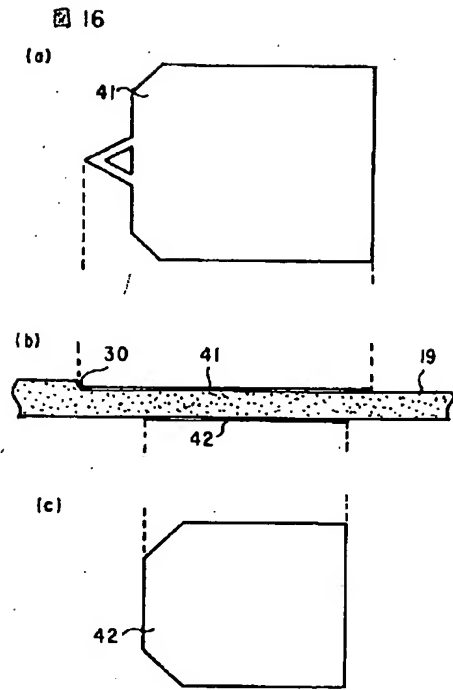
図 19



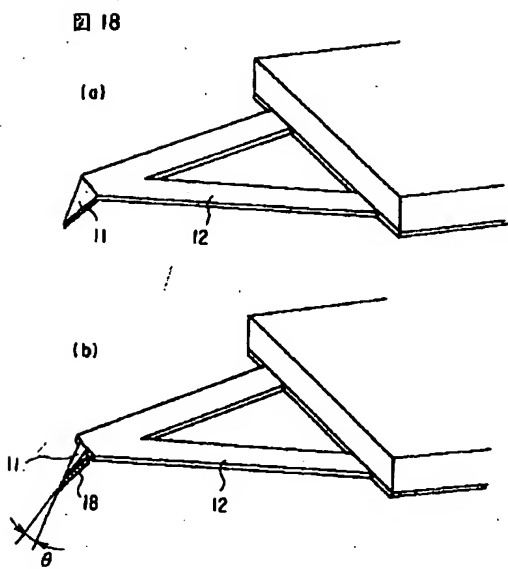
【図 1 5】



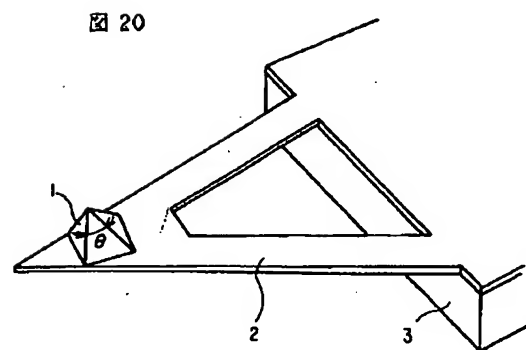
【図 1 6】



【図 1 8】

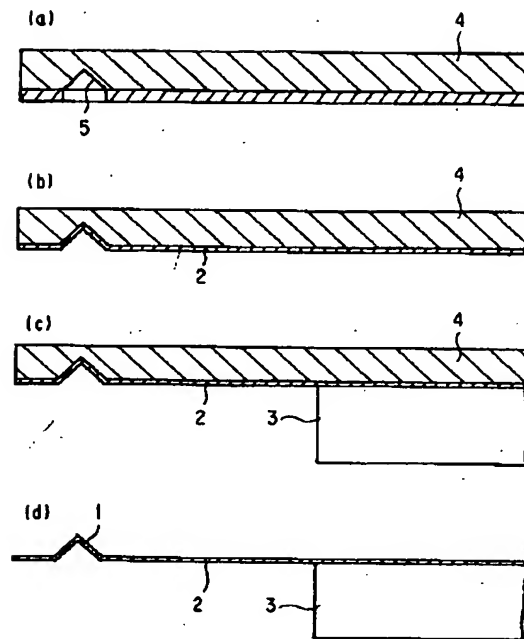


【図 2 0】



【図 2 1】

図 21



フロントページの続き

(72)発明者 保坂 純男
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所 中央研究所内

(72)発明者 本多 幸雄
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所 中央研究所内

(72)発明者 大西 毅
 茨城県勝田市市毛882番地 株式会社日立製作所 那珂工場内

(56)参考文献 特開 平3-96854 (J P, A)
 特開 昭63-91502 (J P, A)
 特開 平2-59601 (J P, A)

(58)調査した分野(Int. Cl. 6, D B 名)
 G01B 21/00 - 21/32